



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

Vinicius Cesar do Bonfim

**Influência de piscicultura em tanques-rede em aspectos alimentares de
Triportheus nematurus (Kner, 1858) em um reservatório neotropical**

**Ilha Solteira
2022**

Vinicius Cesar do Bonfim

**Influência de piscicultura em tanques-rede em aspectos alimentares de
Triportheus nematurus (Kner, 1858) em um reservatório neotropical**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
– Unesp como parte dos requisitos para
obtenção do título de bacharel em Ciências
Biológicas.

Prof. Dr. Igor Paiva Ramos
Orientador

M.a. Bruna Caroline Kotz Kliemann
Coorientadora

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

B713i Bonfim, Vinicius Cesar do.
Influência de piscicultura em tanques-rede em aspectos alimentares de
triportheus nematurus (kner, 1858) em um reservatório neotropical / Vinicius
Cesar do Bonfim. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
23 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Igor Paiva Ramos

Coorientador: Bruna Caroline Kotz Kliemann

Inclui bibliografia

1. Aquicultura. 2. Impactos. 3. Peixe silvestre. 4. Sardela. 5. Dieta. 6. Guilda
trófica.


Raíssa da Silva Santos
Bibliotecária Titular de Ilha Solteira
Bibliotecária Titular de Ilha Solteira, responsável por aquisição e documentação
Bibliotecária Titular de Ilha Solteira e de Ilha Solteira
CRB 10 - 9999

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

"INFLUÊNCIA DE PISCICULTURA EM TANQUES-REDE EM ASPECTOS ALIMENTARES DE *TRIPORTHEUS NEMATURUS* (KNER, 1858) EM UM RESERVATÓRIO NEOTROPICAL"



VINICIUS CESAR DO BONFIM

REGULAMENTO SOBRE A AVALIAÇÃO:

Artigo 25º - § 2º A apresentação pública do trabalho de TCC deverá ser de no mínimo 20 (vinte) minutos e máxima de 40 (quarenta) minutos. Após um intervalo de 5 (cinco) minutos, haverá a arguição do Trabalho pelos examinadores. O tempo de arguição, será de até 15 (quinze) minutos para cada examinador, e até 15 (quinze) minutos o tempo para a resposta do(a) aluno(a) a cada examinador ou no caso de se optar pelo diálogo o tempo conjunto entre examinador e acadêmico(a) será de no máximo 30 (trinta) minutos.

Artigo 24º - No julgamento do TCC, a banca examinadora deverá avaliar a apresentação oral, escrita e a defesa do trabalho durante a arguição. O conceito final será APROVADO(A) ou REPROVADO(A).

COMISSÃO EXAMINADORA

1º EXAMINADOR (Orientador-Presidente)

Nome: Prof. Dr. Igor Paiva Ramos

Documento assinado digitalmente
igor.paiva@unesp.br
Data: 11/01/2023 11:29:37-0300
Verifique em <https://verificador.itb.br>

2º EXAMINADOR

Nome: Prof. Dr. Felipe Chinaglia Montefeltro

Documento assinado digitalmente
felipe.chinaglia@unesp.br
Data: 11/01/2023 14:25:11-0300
Verifique em <https://verificador.itb.br>

3º EXAMINADOR

Nome: Doutorando Aymar Orlandi Neto

Documento assinado digitalmente
aymar.orlandi@unesp.br
Data: 11/01/2023 12:03:54-0300
Verifique em <https://verificador.itb.br>

CONCEITO

(X) Aprovado(a)

() Reprovado(a)

Ilha Solteira-SP, 10 de janeiro de 2023.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cursos: Agronomia, Ciências Biológicas, Eng. Civil, Eng. Elétrica, Eng. Mecânica, Física, Matemática e Zootecnia.
Avenida Brasil Centro, 56 - Caixa Postal 31 CEP 13385-000 Ilha Solteira São Paulo Brasil
tel (18) 3743 1100 fax (18) 3742 2735 stcom@adm.feis.unesp.br www.feis.unesp.br

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, que entenderam e apoiaram minha decisão de estar longe de casa. Agradeço pelo incentivo e ajuda incondicionais, que me permitiram buscar meus sonhos. Sem eles sei que não conseguiria alcançar minhas metas e chegar até aqui.

À minha namorada, Emanuele, que esteve sempre ao meu lado quando precisei, não me deixando desanimar.

Aos meus amigos, pelos momentos de descontração e pelo companheirismo. Vou levá-los sempre comigo.

Aos meus professores, pelos ensinamentos ao longo de todos esses anos, auxiliando na minha formação como profissional e como cidadão.

Aos companheiros do Laboratório PIRÁ, que sempre se dispuseram a ajudar nos meus trabalhos de pesquisa.

Aos meus orientadores, Igor e Bruna, pela paciência, pelas correções e conselhos, que foram fundamentais no meu processo de formação acadêmica.

O presente trabalho foi realizado com o apoio

Da Fundação Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2020/13424-7; Processo nº 2018/26348-7; Processo nº 2018/01117-2.

E do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Processo nº303311/2018-5.

“Reconhece a queda e não desanima. Levanta, sacode a poeira e dá a volta por cima”. Volta por cima de Paulo Vanzolini

RESUMO

Diante da entrada de matéria orgânica no ambiente provocada por pisciculturas em tanques-rede, o objetivo deste estudo foi avaliar as influências desses modelos de cultivo sobre os aspectos alimentares de *Triportheus nematurus* em um reservatório Neotropical. A coleta dos exemplares foi realizada com redes de espera, nos meses de março e junho de 2019, em dois grupos amostrais, tanque (TR) próximo às pisciculturas, e controle (CT) em áreas livres da influência desses sistemas. Os conteúdos estomacais de 57 indivíduos (40-CT e 17-TR) foram identificados e quantificados usando o método volumétrico. A composição da dieta e suas possíveis diferenças, foram avaliadas por meio das análises PERMANOVA e SIMPER, enquanto a amplitude de nicho trófico usando a PERMDISP. A guilda trófica da espécie em cada grupo foi estabelecida considerando-se a predominância (> 50%) do item alimentar na dieta. Houve diferença significativa na dieta entre os grupos, em que Cladocera, Copepoda e vegetal terrestre foram os principais itens alimentares consumidos no grupo CT, sendo então classificada como zooplancetófaga. Enquanto no grupo TR, insetos terrestres, fragmentos de peixes e Cladocera foram predominantes, e a espécie classificada como carnívora com tendência insetívora. Dessa forma, observou-se que as pisciculturas em tanques-rede influenciaram os aspectos alimentares de *T. nematurus*. Apesar de não haver o consumo direto da ração, as diferenças nos itens alimentares predominantes podem ter relação com a influência da piscicultura. Além disso, não houve contração de nicho trófico no grupo TR, o que pode indicar partilha dos recursos alimentares entre os indivíduos. Diante disso, inferimos que as pisciculturas em tanques-rede podem causar influências, alterando indiretamente a dieta e outros aspectos alimentares da ictiofauna circundante. Reforça-se a importância desse e de estudos similares para detalhar e entender a ecologia trófica de ecossistemas aquáticos, sobretudo associados às pisciculturas em tanques-rede. Além disso, os resultados aqui apresentados podem auxiliar na compreensão das implicações desse sistema de cultivo no meio aquático, contribuindo com novas informações e ampliando dados já descritos.

Palavras-chave: Aquicultura; Impactos; Peixe silvestre; Sardela; Dieta; Guilda trófica.

ABSTRACT

Faced with the input of organic matter into the environment caused by cage fish farming, the objective of this study was to evaluate the influences of these cultivation models on the feeding aspects of *Triportheus nematurus* in a Neotropical reservoir. The specimens were collected using gillnets, in March and June 2019, in two sample groups, cage fish farm (TR) close to the fish farms, and control (CT) in areas free from the influence of these systems. The stomach contents of 57 individuals (40-CT and 17-TR) were identified and quantified using the volumetric method. Diet composition and possible differences were evaluated using PERMANOVA and SIMPER analyses, while trophic niche breadth using PERMDISP. The trophic guild of the species in each group was established considering the predominance (> 50%) of the food item in the diet. There was a significant difference in the diet between the groups, in which Cladocera, Copepoda and terrestrial plants were the main food items consumed in the CT group, being then classified as zooplanktophagous. In the TR group, terrestrial insects, fish fragments and Cladocera were predominant, and the species classified as carnivorous with an insectivorous tendency. Thus, it was observed that cage fish farming influenced the feeding aspects of *T. nematurus*. Although there is no direct consumption of the feed, the differences in the predominant food items may be related to the influence of fish farming. In addition, there was no trophic niche contraction in the TR group, which may indicate sharing of food resources among individuals. Given this, we infer that cage fish farming can influence, indirectly altering the diet and other food aspects of the surrounding ichthyofauna. We reinforce the importance of this and similar studies to detail and understand the trophic ecology of aquatic ecosystems, especially those associated with cage fish farming. In addition, the results presented here may help in understanding the implications of this cultivation system in the aquatic environment, contributing with new information and expanding data already described.

Keywords: Aquaculture; Impacts; Wild fish; Sardela; Diet; Trophic Guild.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
2.1	Área de estudo.....	12
2.2	Amostragem.....	12
2.3	Análise laboratorial.....	13
2.4	Análise dos dados.....	14
3	RESULTADOS.....	16
4	DISCUSSÃO.....	19
5	REFERÊNCIAS.....	21
6	MATERIAL SUPLEMENTAR.....	25

1 INTRODUÇÃO

O sistema de pisciculturas em tanques-rede é um modelo de criação de peixes intensivo (EMBRAPA, 2009). Em águas interiores esses sistemas são principalmente instalados em reservatórios hidrelétricos, já que o modelo permite o aproveitamento de reservatórios já existentes (AMÉRICO *et al.*, 2013). Além disso, apresenta baixo investimento inicial e produção constante ao longo do ano quando comparado a outros modelos de cultivo como tanques escavados (EMBRAPA, 2009; STIZ *et al.*, 2019). Tais benefícios em conjunto com a capacidade hídrica do Brasil permitem a expansão e afirmação das pisciculturas em tanques-rede no país (VALERIO; RODRIGUES, 2021). Entre 2018 e 2019, esse modelo de cultivo teve um crescimento de 1,7%, com produção de 529,6 mil toneladas (IBGE, 2020). Dessa forma, piscicultura em tanques-rede é uma das atividades zootécnicas com o maior crescimento e predomínio dentre os modelos de cultivo de peixes nos últimos anos no Brasil (IBGE, 2020).

Apesar da importância econômica das pisciculturas em tanques-rede, aspectos potencialmente danosos ao meio aquático circundante estão relacionados a esses modelos de cultivo (BARRETT *et al.*, 2018; NOBILE *et al.*, 2020). Na literatura foi relatada a introdução de espécies não-nativas por meio de escapes dos tanques (FORNECK *et al.*, 2021; KANG *et al.*, 2022). Além do aporte de matéria orgânica provenientes dos tanques de cultivo, que é em torno de 7,7 mg/cm² por dia (CACHO *et al.*, 2020). Adicionalmente, por conta desse aporte de matéria orgânica, são observadas influências nos aspectos alimentares de peixes silvestres, as quais interferem nas interações tróficas intra e interespecíficas (BARRETT *et al.*, 2018; NOBILE *et al.*, 2020; KLIEMANN *et al.*, 2022). Alterações na comunidade de peixes nativos também podem ocorrer (NOBILE *et al.*, 2020; HERDER *et al.*, 2022), promovendo mudanças na densidade populacional de algumas espécies, além de agregação da fauna de peixes próximo às pisciculturas (NOBILE *et al.*, 2018). Por fim, são relatadas alterações histopatológicas e fisiológicas devido ao consumo da ração (KLIEMANN *et al.*, 2018; NOBILE *et al.*, 2018).

Considerando o histórico de impactos que os ecossistemas dulcícolas têm sofrido (AZEVEDO-SANTOS, 2021), a crescente expansão das pisciculturas em tanques-rede no Brasil pode ser um fator agravante (NOBILE *et al.*, 2020). Assim, é fundamental agregar informações sobre as influências das pisciculturas no

ecossistema aquático adjacente, visando um melhor entendimento do problema, uma vez que estudos demonstram que esses modelos de cultivo promovem alterações na disponibilidade de recursos alimentares (CACHO *et al.*, 2020; KLIEMANN *et al.*, 2022). Além disso, por meio da alimentação dos peixes é possível observar como as variações ambientais interferem na alimentação da ictiofauna silvestre (SCHOENER, 1974). Dessa forma, uma das maneiras de estimar as influências das pisciculturas em tanques-rede é avaliando a ecologia trófica dos peixes silvestres.

Espécies de peixes omnívoras são principalmente influenciadas pelas pisciculturas em tanques-rede (KLIEMANN *et al.*, 2018; NOBILE *et al.*, 2020). O hábito alimentar omnívoro associado ao oportunismo e plasticidade trófica (comportamentos comumente observados em peixes neotropicais) permitem o consumo dos itens alimentares de variadas origens disponíveis no ambiente (GERKING, 1994; ABELHA *et al.*, 2001). Diante disso, analisar a dieta de peixes omnívoros e oportunistas pode compor um bom parâmetro para aferir as influências causadas pelas pisciculturas em tanques-rede sobre o ecossistema aquático. Da mesma forma, diferentes guildas tróficas desempenham papéis diferentes na comunidade (LIU *et al.*, 2019) e apresentam respostas contrastantes frente às ações ambientais (WAI *et al.*, 2011). Assim, avaliar a guilda trófica de uma espécie pode contribuir para o entendimento de seus hábitos alimentares e das interações inter-intraespecíficas (XIMENES *et al.*, 2011) de peixes silvestres sob influência das pisciculturas em tanques-rede.

Triportheus nematurus (Kner, 1858) é uma espécie de caracídeo, conhecido popularmente como sardela (PAVANELLI *et al.*, 2005), para qual o hábito alimentar omnívoro e insetívoro já foram relatados (VIDOTTO-MAGNONI; CARVALHO, 2009; LOPES *et al.*, 2017). A espécie apresenta baixa capacidade de dispersão (RAUBER *et al.*, 2021) e demonstra ser oportunista e generalista, com capacidade de ajuste às modificações ambientais (LOPES *et al.*, 2017), sendo um bom modelo para o trabalho aqui proposto. Diante disso, o presente estudo teve por objetivo avaliar as influências de sistemas de piscicultura em tanques-rede sobre os aspectos alimentares de *T. nematurus* em um reservatório Neotropical. A hipótese foi que a matéria orgânica proveniente dos tanques de cultivo promove alterações na trofia do ambiente e consequente influência na alimentação dessa espécie. Assim, testou-se as seguintes previsões: i) a composição da dieta de *T. nematurus* difere entre a área

sem influência da piscicultura e área com influência; ii) há o consumo de ração proveniente dos tanques de cultivo; iii) ocorre contração de nicho trófico na área sob influência da piscicultura; iv) a guilda trófica difere entre as áreas devido a influência das pisciculturas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em cinco áreas amostrais no reservatório de Ilha Solteira, entre os estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (Figura 1). O reservatório foi formado no ano de 1978 para geração de energia elétrica (CTG Br, 2020). Apresenta 1.195 km² de extensão e volume de 21,06 x 10⁶ m³ (DAVID *et al.*, 2015; CTG Br, 2020) e opera com regime de acumulação contribuindo para a regularização da vazão do rio Paraná a sua jusante (DAVID *et al.*, 2015; CTG Br, 2020). Neste reservatório, 72 empreendimentos de pisciculturas em tanques-rede atuavam produzindo aproximadamente 23.407,2 toneladas/ano de peixes, as maiores produções de peixes sob o sistema de tanques-rede do estado de São Paulo (CDRS *et al.*, 2021).

As áreas de amostragem foram agrupadas em dois grupos, tanque (TR) e controle (CT), uma vez que não foram observadas diferenças significativas na dieta entre as áreas amostrais CT1 e CT2 ($p=0,12$) e entre TR1, TR2 e TR3 (TR1 x TR2, $p=1,0$; TR1 x TR3, $p=0,09$; TR2 x TR3, $p=0,2$). Assim, o grupo TR compreendeu três áreas ocupadas por pisciculturas em tanques-rede (TR1, TR2 e TR3) e o grupo CT, duas áreas a montante das pisciculturas sem influência dos empreendimentos (CT1 e CT2) (Figura 1).

2.2 Amostragem

A coleta ocorreu nos meses de março e junho de 2019. A captura dos exemplares de *T. nematurus* foi realizada com auxílio de redes de espera (3 a 18 cm entre nós não adjacentes) em ambas as áreas amostrais (Licença SISBio nº 64763-2, Autorização CEUA nº 006/2019; Cadastro SisGen A908D5F). Todos os exemplares coletados foram eutanasiados em solução a 5% de benzocaína. Após a eutanásia, os animais tiveram comprimento padrão (cm) e massa total (g)

mensurados. Os estômagos foram retirados, fixados em solução de formol 4% e conservados em álcool 70% para posterior análise laboratorial.

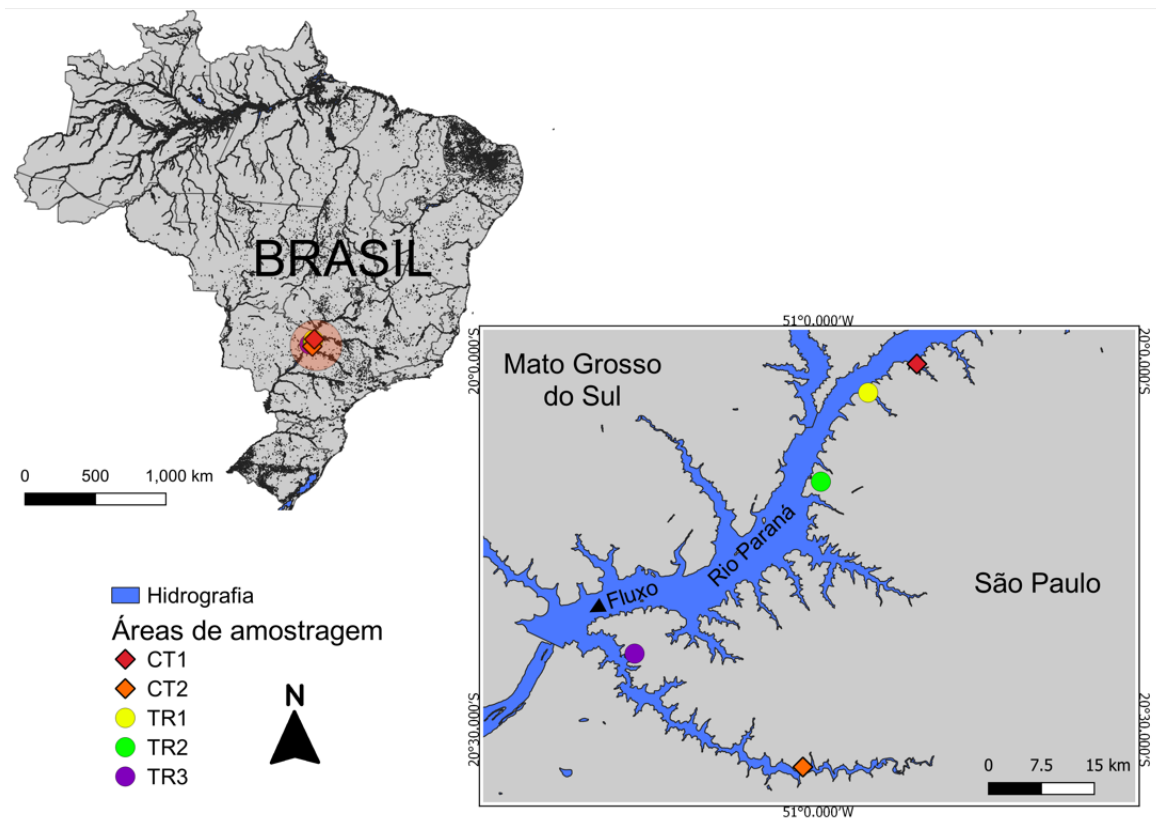


Figura 1. Área de estudo: áreas de amostragem no reservatório de Ilha Solteira, São Paulo. CT1 e CT2 = grupo controle e TR1, TR2, TR3 = grupo tanque (Fonte: Próprio autor, 2021).

2.3 Análise laboratorial

O conteúdo estomacal foi analisado sob estereomicroscópio óptico e os itens alimentares identificados até o menor nível taxonômico possível (BICUDO & BICUDO, 1970; MUGNAI *et al.*, 2010). Os itens alimentares foram quantificados de acordo com o método volumétrico (HYSLOP, 1980), utilizando-se o volume de cada item obtido em deslocamento de líquido em proveta ou em placa de Petri milimetrada. Na placa de Petri, os itens alimentares foram comprimidos com lâminas de vidro de até 1 mm de altura, e o número de quadrantes ocupados por cada item alimentar foram multiplicados por 0,001 para obter os volumes em mililitros (HELLAWELL; ABEL, 1971).

2.4 Análise dos dados

A composição da dieta foi expressa separadamente nos grupos amostrais (TR e CT) e apresentada em tabela com valores percentuais do volume de cada item alimentar. Também foi elaborada uma matriz com os dados brutos de volume de todos os itens alimentares consumidos por *T. nematurus* que foi utilizada para as análises estatísticas.

A suficiência amostral (número de indivíduos aptos para as análises) foi verificada e corroborada para cada grupo, além da curva de acúmulo dos itens alimentares (Figura S1). Considerando os itens alimentares consumidos pelos indivíduos em cada grupo amostral, além da curva coletora (riqueza acumulada observada), foi gerada a curva média e seu desvio padrão, a partir da troca aleatória de dados (ou seja, subamostragem sem substituição, repetido 100 vezes) (GOTELLI; COLWELL, 2001).

Para testar a composição da dieta entre as áreas de amostragem CT1 e CT2, e TR1, TR2 e TR3, com a finalidade de agrupamento dessas áreas, aplicou-se Análise Multivariada de Variância Permutacional utilizando a distância de *Bray-Curtis*, com 999 permutações aleatórias (PERMANOVA *one-way*; ANDERSON, 2001). Posteriormente, comparações pareadas foram feitas por meio do pós-teste multinível da PERMANOVA.

Após o agrupamento, a PERMANOVA também foi utilizada para testar possíveis diferenças na composição da dieta dos exemplares entre os grupos TR e CT. Em caso de serem observadas diferenças, para verificar quais os itens alimentares foram responsáveis e sua contribuição para as diferenças, foi aplicada a análise de porcentagem de similaridade SIMPER *overall pool* (CLARKE, 1993) com a mesma matriz de dados e distância de *Bray-Curtis* (HAMMER *et al.*, 2001). A análise SIMPER é um método simples para avaliar quais táxons são os principais responsáveis por uma diferença observada entre grupos de amostras (CLARKE, 1993).

Em caso de diferenças observadas por meio da PERMANOVA, aplicou-se uma análise de permutação de dispersões multivariadas (PERMDISP) ao mesmo conjunto de dados. Essa análise pode demonstrar se as diferenças encontradas estavam realmente relacionadas aos fatores analisados (PERMDISP $p > 0,05$) ou apenas relacionadas à dispersão ou heterogeneidade das amostras (PERMDISP

$p < 0,05$) (ANDERSON *et al.*, 2006). A PERMDISP também foi utilizada para avaliar a amplitude de nicho trófico da população. A amplitude do nicho foi medida através da dispersão da dieta no espaço, partindo do pressuposto de que as diferenças na distância entre os indivíduos indicam que uma população tem dieta mais restrita ou mais ampla do que a outra. A PERMDISP mede a distância da mediana multivariada do grupo (similar ao centroide), neste caso a população em cada local, por meio de uma análise de coordenadas principais (PCoA) (SILVA *et al.*, 2017). O cálculo da mediana do grupo pode ser realizado por meio da medida de dissimilaridade de *Bray-Curtis*, que permite a comparação da dissimilaridade média em n observações individuais dentro do grupo. Para testar a hipótese nula de que não há dispersão das amostras e de que a amplitude de nicho trófico não diferiu entre os grupos (TR e CT), foi calculado um teste de permutação para comparar a distância média de cada amostra à mediana do grupo. O valor de p foi obtido através de 999 permutações dos resíduos dos mínimos quadrados (ANDERSON *et al.*, 2006).

Para determinar a guilda trófica de *T. nematurus* nos grupos CT e TR e verificar se há alteração na guilda trófica entre os grupos amostrais, foi calculada a guilda trófica em cada área. Para isso, a partir da matriz de itens alimentares consumidos, os itens alimentares foram agrupados em crustáceo (Decapoda), inseto (Hymenoptera, Hemiptera, Odonata, Coleoptera e Diptera), microcrustáceo (Copepoda e Cladocera), molusco (Bivalve e Gastropoda), peixe (Escama e músculo) e vegetal terrestre (Semente e fruto). A classificação foi realizada considerando-se a predominância maior que 50% de uma classe de itens alimentares na dieta de cada grupo, por exemplo: acima de 50% dos itens estomacais registrados como insetos: insetívoro; acima de 50% de detrito/sedimento: detritívoro; acima de 50% de zooplâncton: zooplânctófago; mais do que 50% ou vários invertebrados e peixes nos estômagos: carnívoros; caso nenhuma das afirmações acima serem válidas e o conteúdo incluir itens de diferentes origens (vegetais e animais): omnívoro (NEVES *et al.*, 2015 adaptado de MÉRONA *et al.*, 2001).

Todas as análises foram realizadas no programa Rstudio (R CORE TEAM, 2020). Para PERMANOVA, SIMPER, PERMDISP, teste de permutação e curva cumulativa foi utilizado o pacote '*vegan*' (OKSANEN *et al.*, 2020) e as funções *Adonis*, *simper*, *betadisper*, *permutest.betadisper* e *specaccum* respectivamente. Pós-teste multinível foi aplicado com auxílio do pacote '*pairwiseAdonis*' e função

pairwise.adonis. O nível de significância adotado para todas as análises foi de $p < 0,05$.

3 RESULTADOS

O conteúdo estomacal de 57 indivíduos (40-CT e 17-TR) de *T. nematurus* foi analisado e, no geral, foram identificados 12 itens alimentares. No grupo CT, Cladocera (Figura 2.A), Copepoda (Figura 2.B) e vegetal terrestre (Figura 2.C) foram os principais itens alimentares consumidos. Já no grupo TR, insetos terrestres (Figura 2.D), fragmentos de peixes (Figura 2.E) e Cladocera (Figura 2.A) foram predominantes (Tabela 1).

Local	Controle	Tanque
Comprimento padrão (cm)	19,41 ± 3,01	19,69 ± 3,27
Massa (g)	87,54 ± 39,73	99,94 ± 45,99
Item Alimentar	Porcentagem volumétrica (%)	
Copepoda	30,11	9,18
Cladocera	36,91	13,36
Decapoda		0,10
Bivalvia		1,34
Gastropoda		6,68
Ovo de invertebrado aquático	0,59	
Inseto aquático	8,32	0,42
Peixe		20,70
Escama	0,83	2,62
Vegetal terrestre	19,94	0,33

Tabela 1. Porcentagem volumétrica (%) de cada item alimentar consumido por *Triportheus nematurus* nos grupos CT e TR, no reservatório de Ilha Solteira, São Paulo. Os itens destacados foram os que mais contribuíram para a dieta dos exemplares em cada grupo amostral. média ± desvio padrão.

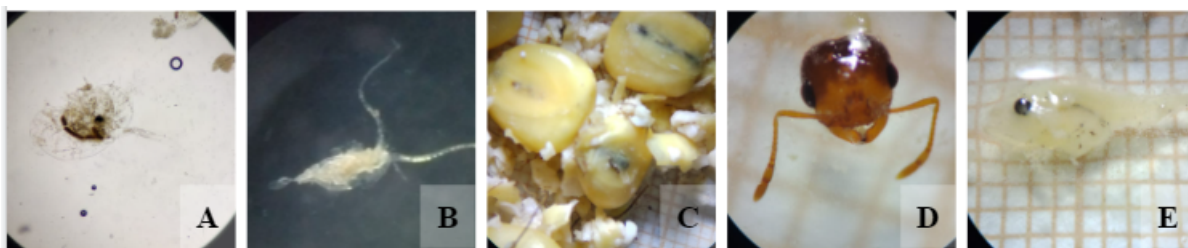


Figura 2. Itens alimentares predominantes na dieta de *Triportheus nematurus* nos grupos CT e TR, no reservatório de Ilha Solteira, São Paulo. A) Cladocera; B) Copepoda; C) Vegetal Terrestre; D) Inseto terrestre; E) Peixe (Fonte: Próprio autor, 2021).

Houve diferença significativa na composição da dieta entre os grupos avaliados (PERMANOVA, Df=1, F=5,89, p=0,001; PERMDISP, Df=1, F=1,59, p=0,21). Copepoda, Insetos terrestres e Cladocera foram os itens que mais contribuíram para essa diferença (Tabela 2). A mediana da amplitude de nicho trófico (CT =0,56 e TR =0,61, por sua vez, não diferiu entre os grupos (PERMDISP, Df=1, F=1,59, p=0,21; Figura 3).

Item alimentar	Dissimilaridade geral média (%)	Contribuição (%)	Contribuição cumulativa (%)	Abundância Média	Abundância Média
				Controle	Tanque
Copepoda	27,38	29,24	29,24	0,19	0,0344
Inseto terrestre	23,17	24,75	53,99	0,0209	0,156
Cladocera	13,05	13,94	67,93	0,233	0,05

Tabela 2. Valores percentuais dos principais itens que contribuíram para a dissimilaridade na dieta de *Triportheus nematurus* entre os grupos CT e TR, no reservatório de Ilha Solteira, São Paulo. Valores obtidos por meio da análise SIMPER.

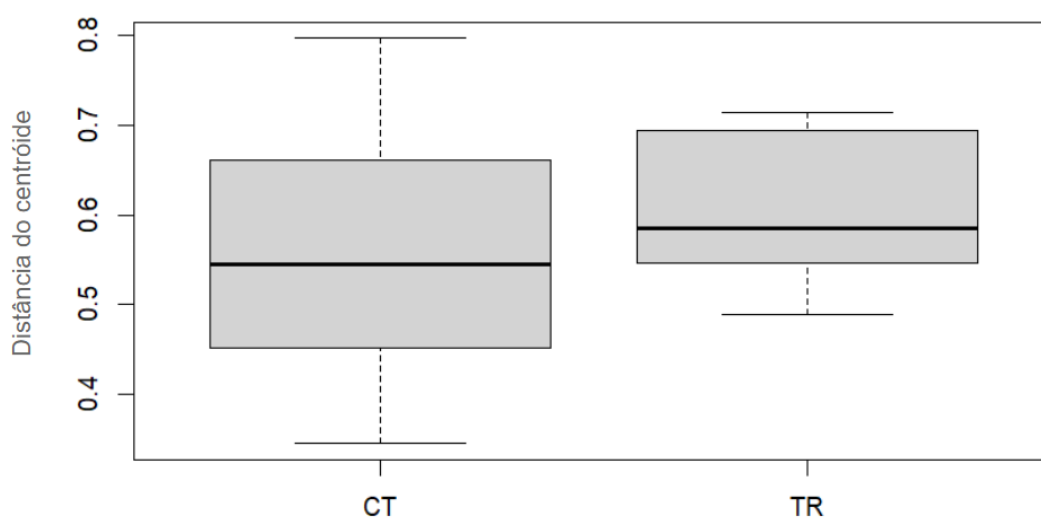


Figura 3. Mediana da amplitude de nicho trófico de *Triportheus nematurus* em cada grupo amostral (CT – controle =0,56 e TR – tanque =0,61) no reservatório de Ilha Solteira, São Paulo. A barra horizontal dentro de cada caixa representa a mediana da amplitude de nicho trófico (Fonte: Próprio autor, 2021).

A guilda trófica também diferiu entre os grupos, sendo que no grupo CT, devido ao consumo maior de microcrustáceos (67%), a espécie foi classificada como zooplanctófaga (Figura 4). Enquanto no grupo TR, pelo consumo de insetos (45,69%) e consumo em uma proporção semelhante de outros itens de origem animal (53,88%), classificou-se a espécie como carnívora com tendência insetívora (Figura 4).

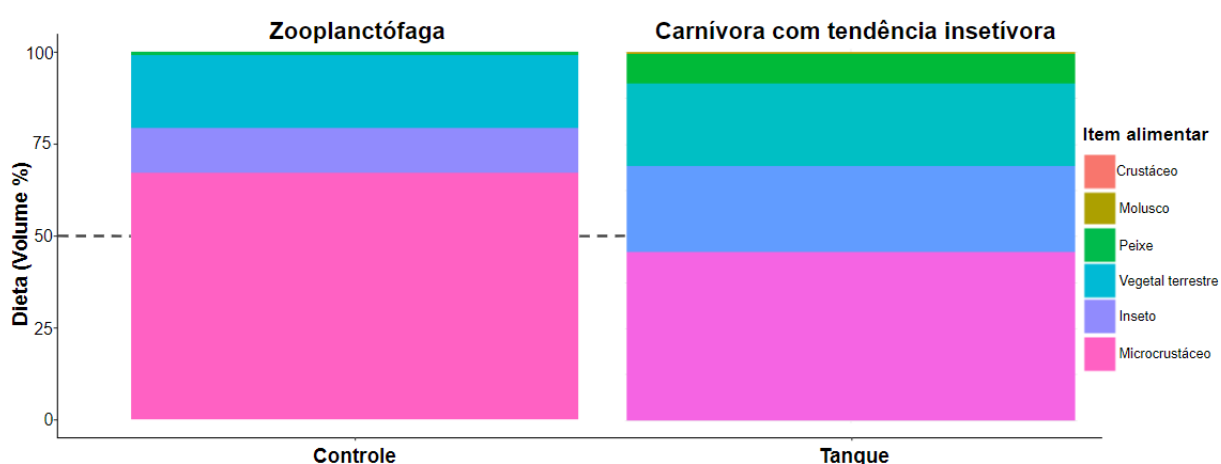


Figura 4. Guilda trófica (baseada no volume percentual (%) dos itens alimentares consumidos) de *Triportheus nematurus* cada grupo amostral controle e tanque, no Reservatório de Ilha Solteira, São Paulo. (Fonte: Próprio autor, 2021).

4 DISCUSSÃO

A hipótese de que a alimentação de *T. nematurus* sofreu influência das pisciculturas em tanques-rede foi corroborada. Foram observadas diferenças significativas na composição da dieta e diferenças de guilda trófica entre os grupos, apesar da ração não ter sido consumida diretamente. A espécie apresentou um consumo maior de microcrustáceos no grupo CT e de insetos no grupo TR. O consumo de microcrustáceos foi relatado para *T. nematurus* em outros estudos (GALINA; HAHN, 2008; NOVAKOWSKI *et al.*, 2008), porém não como item alimentar principal, como observado no presente estudo. Já o consumo de insetos foi amplamente relatado na literatura (GALINA; HAHN, 2008; NOVAKOWSKI *et al.*, 2008; VIDOTTO-MAGNONI; CARVALHO, 2009).

Devido ao oportunismo trófico observado para a espécie (LOPES *et al.*, 2017) e do grande aporte de matéria orgânica proveniente dos tanques-rede (MONTANHINI NETO; OSTRENSKY, 2015; CACHO *et al.*, 2020), esperava-se que houvesse o consumo de ração. No entanto, diferente do esperado, não foi observado o consumo da ração. Infere-se que as influências das pisciculturas possam ser observadas devido o menor consumo de microcrustáceo e o consumo de peixes exclusivamente no grupo TR. Dias *et al.* (2011) relataram tendência à diminuição na abundância de Copepoda e Cladocera próximo aos tanques de cultivo ao longo do tempo, devido ao aumento na abundância de cianobactérias (beneficiadas pela carga de matéria orgânica). Como as cianobactérias podem ser tóxicas à Copepoda e Cladocera, ocorre diminuição de sua biomassa próximo aos tanques de cultivo ao longo do tempo (BORGES *et al.*, 2010). Diante disso, sugere-se que essa influência pode explicar o menor consumo de microcrustáceos no grupo TR.

O consumo de peixe, por sua vez, não foi relatado para essa espécie anteriormente, com exceção de porções não significativas de escama (NOVAKOWSKI *et al.*, 2008; LOPES *et al.*, 2017). A maior abundância de outros peixes atraídos pela matéria orgânica pode ter relação com o consumo de peixes apenas no grupo TR. Estudos demonstram que uma das influências descritas para as pisciculturas em tanques-rede é a agregação de peixes no entorno dos tanques de cultivo, atraídos pela matéria orgânica disponível (CARSS, 1990; NOBILE *et al.*,

2018; PEREIRA *et al.*, 2019). Assim, peixe é item alimentar abundante e de fácil acesso nessas áreas, o que favorece o seu consumo por *T. nematurus*.

As alterações na composição da dieta impulsionadas pela presença dos tanques de cultivo, resultaram em diferenças nas guildas tróficas entre os grupos. No grupo CT a espécie foi classificada como zooplancetófaga, já no grupo TR, apresentou hábito carnívoro com tendência insetívora. Em estudos anteriores foi classificado como insetívoro (VIDOTTO-MAGNONI; CARVALHO, 2009; CORRÊA *et al.*, 2011) e omnívoro (WANTZEN *et al.*, 2002; LOPES *et al.*, 2017). Diante dessas diferenças nas guildas tróficas, tanto aqui como em outros estudos, confirma-se a plasticidade e oportunismo trófico para essa espécie, demonstrando o consumo dos recursos alimentares disponíveis em cada área. Reforçam ainda a interferência das pisciculturas em tanques-rede na trofia do ambiente promovendo alteração na disponibilidade de alimento, como sugerido por Kliemann *et al.* (2022).

Apesar da composição da dieta diferir entre os grupos, a amplitude de nicho trófico não diferiu, sendo assim, não houve contração de nicho trófico no grupo TR. Baseado no resultado da PERMDISP, entende-se que a população de *T. nematurus* apresentou homogeneidade de dispersão da dieta. Cada grupo apresentou itens alimentares predominantes, sugerindo alta disponibilidade desses itens nas áreas amostrais. Dessa forma, os indivíduos podem partilhar os recursos sem que haja prejuízos para os grupos de indivíduos, como a competição, por exemplo (SCHOENER, 1974; CHASE; LEIBOLD, 2003; NEVES *et al.*, 2018). Além disso, a partilha de recursos pode favorecer a coexistência intraespecífica a longo prazo, o que é importante para a estabilidade populacional (CHASE; LEIBOLD, 2003; KLIEMANN *et al.*, 2021).

Em suma, os resultados corroboraram a hipótese de que a matéria orgânica proveniente dos tanques de cultivo promove alterações na trofia do ambiente e consequente influência na alimentação dos peixes. As predições de que a composição da dieta e a guilda trófica se alterariam entre os grupos amostrais também foram corroboradas. Diante disso, infere-se que as pisciculturas em tanques-rede podem alterar indiretamente a dieta e outros aspectos alimentares da ictiofauna circundante. Reforça-se a importância desse e de estudos similares para detalhar e entender a ecologia trófica de ecossistemas aquáticos, sobretudo associados às pisciculturas em tanques-rede. Além disso, os resultados aqui apresentados podem auxiliar na compreensão das implicações desse sistema de

cultivo no meio aquático, contribuindo com novas informações e ampliando dados já descritos.

5 REFERÊNCIAS

ABELHA, M. C. F.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 23, n. 2, p. 425–434, 2001.

AMÉRICO, J. H. P. *et al.* Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. **ANAP Brasil**, v. 06, p. 137–150, 2013.

ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001.

ANDERSON, M. J. *et al.* Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. **Ecology Letters**, v. 9, n. 6, p. 683–693, 2006.

AZEVEDO-SANTOS, V. M. *et al.* Conservation of Brazilian freshwater biodiversity: Thinking about the next 10 years and beyond. **Biodiversity and Conservation**, v. 30, n. 1, p. 235-241, 2021.

BARRETT, L.T. *et al.* Impacts of marine and freshwater aquaculture on wildlife: a global meta-analysis. **Reviews in Aquaculture**, p. 1–23, 2018.

BICUDO, C. E. M.; BICUDO, R. M. T. Algas de águas continentais brasileiras chave ilustrada para identificação de gêneros. **São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências**, 1970.

BORGES, P. A. F. *et al.* Effects of fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. **Hydrobiologia**, v. 649, p. 279–291, 2010.

CACHO, J. C. S. *et al.* Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish farming in net cages on the nutrient and particulate matter sedimentation rates in Umari reservoir, Brazilian semi-arid. **Aquaculture Reports**, v. 17, 2020.

CARSS, D. N. Concentrations of wild and escaped fishes immediately adjacent to fish farm cages. **Aquaculture**, v. 90, p. 29-40, 1990.

CDRS. Levantamento Das Unidades De Piscicultura No Estado De São Paulo. **Documento Téc. CDRS 123**, p. 1-31, 2021.

CHASE, J. M.; LEIBOLD, M. A. Ecological niches – linking classical and contemporary approaches. **Chicago, IL: University of Chicago**. 2003.

CLARKE K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, v. 18, n. 1988, p. 117–143, 1993.

CORRÊA, E. C. *et al.* Patterns of niche breadth and feeding overlap of the fish fauna in the seasonal Brazilian Pantanal, Cuiabá River basin. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, p. 637-646, 2011.

CTGBR. **Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira**. Disponível em: <https://www.ctgbr.com.br/usina-hidreletrica-ilhasolteira/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

DAVID, G. S. *et al.* Ecological carrying capacity for intensive tilapia (*Oreochromis niloticus*) cage aquaculture in a large hydroelectrical reservoir in Southeastern Brazil. **Aquacultural Engineering**, v. 66, p. 30-40, 2015.

DIAS, J. D. *et al.* Impact of fish cage-culture on the community structure of zooplankton in a tropical reservoir. Iheringia. **Série Zoologia**, v. 101, n. 1-2, 2011.

EMBRAPA. Piscicultura em tanques-rede. 1. ed. **Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, 2009.

FORNECK, S.C. *et al.* Aquaculture facilities drive the introduction and establishment of non-native *Oreochromis niloticus* populations in Neotropical streams. **Hydrobiologia** 848, p. 1955–1966, 2021.

GALINA, A. B.; HAHN, N. S. Comparação da dieta de duas espécies de *Triportheus* (Characidae, Triportheinae), em trechos do reservatório de Manso e lagoas do rio Cuiabá, Estado do Mato Grosso. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 25, n. 2, p. 345-352, 2008.

GERKING, S.D. Feeding ecology of fish. Califórnia: **Academic Press**, 1994.

GOTELLI, N. J., COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species Riqueza. **Ecology Letters**, p. 379–391, 2001.

HAMMER, Ø. *et al.* Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 2001.

HELLAWELL, J. M.; ABEL, R. A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 3, n. 1, p. 29–37, 1971.

HERDER, F. *et al.* More non-native fish species than natives, and an invasion of Malawi cichlids, in ancient Lake Poso, Sulawesi, Indonesia. **Aquatic Invasions**, v. 17, n. 1, p. 72-91, 2022.

HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, v. 17, n. 4, p. 411–429, 1980.

IBGE. Produção da Pecuária Municipal 2018. **Produção da Pecuária Municipal**, v. 48, p. 1–12, 2020.

KANG, B. *et al.* Introduction of non-native fish for aquaculture in China: A systematic review. **Reviews in Aquaculture**, p. 1- 28, 2022.

KLIEMANN, B. C. K. *et al.* Dietary changes and histophysiological responses of a wild fish (*Geophagus* cf. *proximus*) under the influence of tilapia cage farm. **Fisheries research**, v. 204, p.337-347, 2018.

KLIEMANN, B. C. K. *et al.* Morphological divergences as drivers of diet segregation between two sympatric species of *Serrapinnus* (Characidae: Cheirodontinae) in macrophyte stands in a neotropical floodplain lake. **Neotropical Ichthyology**, v.19, p. 1-20, 2021.

KLIEMANN, B. C. K. *et al.* Do cage fish farms promote interference in the trophic niche of wild fish in neotropical reservoir? **Fisheries Research**, v. 248, 2022.

LIU, F. *et al.* Diet partitioning and trophic guild structure of fish assemblages in Chishui River, the last undammed tributary of the upper Yangtze River, China. **River Research and Applications**, v. 35, p. 1530–1539, 2019.

LOPES, D. A. *et al.* Dieta oportunista de *Triportheus nematurus* (Characiformes: Triportheidae) em lagoas do Pantanal Sul: Influências da disponibilidade temporal e abundância de recursos. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 39, n. 4, p. 441–447, 2017.

MONTANHINI NETO, R.; OSTRENSKY, A. Nutrient load estimation in the waste of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) reared in cages in tropical climate conditions. **Aquaculture Research**, v. 46, p. 1309-1322, 2015.

MUGNAI, R. *et al.* Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. **Rio de Janeiro: Technical Books**, 2010.

NEVES, M. P. *et al.* Diet and ecomorphological relationships of an endemic, species-poor fish assemblage in a stream in the Iguaçu National Park. **Neotropical Ichthyology**, v. 13, n. 1, p. 245–254, 2015.

NEVES, M. P. *et al.* Is resource partitioning the key? The role of intra-interspecific variation in coexistence among five small endemic fish species (Characidae) in subtropical rivers. **Journal of Fish Biology**, v.93, n.2, p. 238–249, 2018.

NOBILE, A. B. *et al.* Cage fish farm act as a source of changes in the fish community of a Neotropical reservoir. **Aquaculture**, v. 495, n. June, p. 780–785, 2018.

NOBILE, A. B. *et al.* Status and recommendations for sustainable freshwater aquaculture in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, v. 12, p. 1495-1517, 2020.

NOVAKOWSKI, G. C. *et al.* Diet seasonality and food overlap of the fish assemblage in a pantanal pond. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 4, p. 567-576, 2008.

OKSANEN, J. *et al.* vegan: Community Ecology Package. **R package version 2.5-7**, 2020.

PAVANELLI, C. S. *et al.* Check list: journal of species lists and distribution. **Check List**, v. 3, n. 1, p. 58–64, 2005.

PEREIRA, L. S. *et al.* Cage aquaculture in Neotropical waters promotes attraction and aggregation of fish. **Aquaculture Research**, v. 50, p. 2896–2906, 2019.

RAUBER, R. G. *et al.* Spatial segregation in the reproductive activity of Neotropical fish species as an indicator of the migratory trait. **Journal of Fish Biology**, v. 98, n. 3, p. 694-706, 2021.

RSTUDIO, Team *et al.* RStudio: integrated development for R. **Rstudio Team**, PBC, Boston, MA, 2020.

SCHOENER, T. W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, v.185, p.27-39, 1974.

SILVA, J. C. *et al.* Coexisting small fish species in lotic neotropical environments: evidence of trophic niche differentiation. **Aquatic Ecology**, v.51, n.2, p.275-288, 2017.

STIZ, E. P. de O. *et al.* Vantagens na produção de peixe em tanques-rede. In: **Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar**, 2019.

VALERIO, L.; RODRIGUES, A. D. TILAPICULTURA: perspectivas e produção em tanques-rede. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 2, p. 487-499, 2021.

VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; CARVALHO, E. D. Aquatic insects as the main food resource of fish the community in a Neotropical reservoir. **Neotropical Ichthyology**, v. 7, n. 4, p. 701–708, 2009.

WAI, T. C. *et al.* Stable isotopes as a useful tool for revealing the environmental fate and trophic effect of open-sea-cage fish farm wastes on marine benthic organisms with different feeding guilds. **Marine Pollution Bulletin**, v. 63, p. 77–85, 2011.

WANTZEN, K. M. *et al.* Seasonal isotopic shifts in fish of the Pantanal wetland, Brazil. **Aquatic Sciences**, v. 64, p. 239–251, 2002.

XIMENES, L. Q. L. *et al.* Variação temporal e espacial na composição de guildas alimentares da ictiofauna em lagoas marginais do Rio Cuiabá, Pantanal Norte. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 205-215, 2011.

6 MATERIAL SUPLEMENTAR

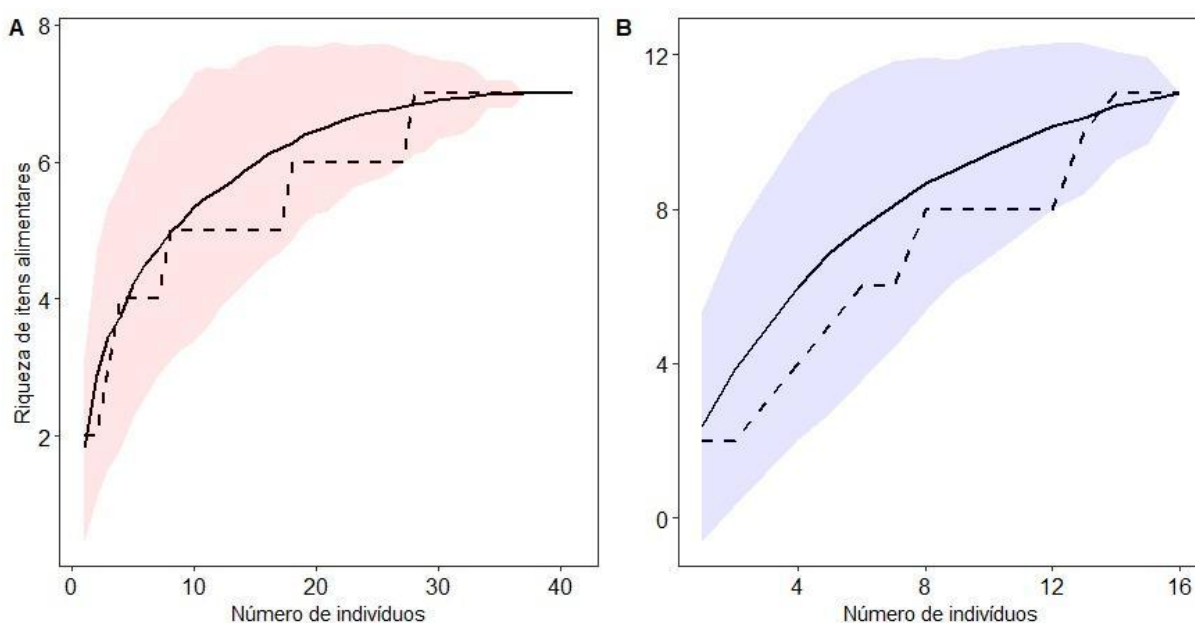


Figura S1. Curva de suficiência amostral de *Triportheus nematurus* no grupo controle (A) e tanque (B), no Reservatório de Ilha Solteira, São Paulo. As linhas pontilhadas indicam as curvas do coletor. As linhas contínuas indicam as curvas de rarefação, representando as médias da reamostragem de todas as amostras agrupadas adicionadas em ordem aleatória, com a área sombreada como desvio padrão (Fonte: Próprio autor, 2022).